

УДК 004.032.26

Мельник А.В., студент гр. ПК-71
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕРМОГРАМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Анотація. В роботі розглянуто метод підвищення якості термограм за допомогою згорткової нейронної мережі. Проведено аналіз основних завад, присутніх на термографічних зображеннях. Встановлено основні напрямки покращення якості отриманих термограм. Обґрунтовано використання методів глибинного навчання для автоматизованої обробки термограм з метою одночасного підвищення їх роздільної здатності, усунення впливу ефектів теплової дифузії та шумів на зображення.

Ключові слова: згорткові нейронні мережі, тепловий контроль, реконструкція зображень.

ВСТУП

Ще не так давно наступні завдання здавалися технологічно складними, трудомісткими, небезпечними: контроль розподілу температури на великих поверхнях, вимірювання температури на електричних компонентах під високою напругою, контроль температури розплавленого металу тощо. А сьогодні тепловий контроль знаходить все більш широке застосування в найрізноманітніших галузях промисловості. Одним із найбільш актуальних напрямків є автоматизований контроль стану агрегатів та систем на виробництвах. Для вирішення цієї задачі переважно використовується пасивний метод теплового контролю. Від вчасного та достовірного виявлення дефектів або відхилень від нормальних режимів роботи залежить весь хід технологічного процесу, а також безпека персоналу. Для підвищення ефективності контролю необхідна висока якість термограм, і сучасні апаратно-технічні рішення дають змогу отримати чітке зображення з високою роздільною здатністю. Але дані тепловізійні системи є високовартісними, і для багатьох підприємств використання такого обладнання є нерентабельним. Виходом із ситуації є покращення якості термографічних зображень за допомогою використання різних алгоритмів цифрової обробки.

Основними напрямками покращення якості термограм є: збільшення роздільної здатності зображення для виявлення більш дрібних деталей (рис. 1), усунення ефектів розмиття границь елементів внаслідок впливу теплової дифузії, зменшення шумів матриці тепловізора та інших артефактів на зображенні для підвищення достовірності отриманих даних та полегшення аналізу термограм. Одним із найперспективніших методів, який потенційно дозволить вирішувати всі перелічені завдання, є використання глибинного навчання, зокрема, згорткових нейронних мереж.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Одним із існуючих методів підвищення роздільної здатності термограм є дискретне вейвлет-перетворення. Метод дискретного вейвлет-перетворення (ДВП) є найбільш широко застосовуваною технікою виконання інтерполяції зображень [1]. Використання ДВП передбачає застосування спеціальних вейвлет-фільтрів для аналізу та реконструкції зображення в частотній області. ДВП використовується для декомпозиції початкового зображення низької

роздільної здатності (Low-Resolution, LR) на 4 підзображення в різних частотних діапазонах: Low-Low, Low-High, High-Low, та High-High. Усі низькочастотні компоненти зображення потім інтерполюються. Далі отримується різницеве зображення шляхом віднімання Low-Low зображення від вихідного LR-зображення. Потім отримане зображення додається до інтерпольованих високочастотних компонентів для отримання проміжної форми і зображення піддіапазону High-High. Після цього виконується ДВП для об'єднання проміжних зображень разом із вхідним зображенням, в результаті чого отримується зображення високої роздільної здатності. Недоліком даного методу є розмитість результуючої термограми та втрата високочастотних складових [2].

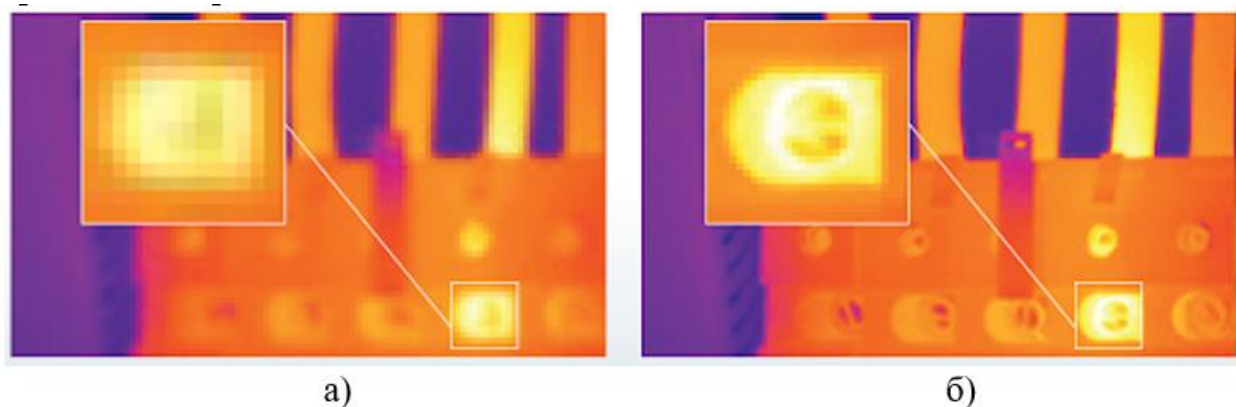


Рис 1. Підвищення роздільної здатності термограми: а) – початкове зображення, б) – оброблене зображення

Під час роботи з термографічними зображеннями можуть виникнути труднощі за спроби отримати оптимальне значення температурного контрасту через наявність теплової дифузії. Відомий метод кінцевих різниць теплового контрасту (КРТК), який заснований на використанні дискретного перетворення Фур'є та побудові комп'ютерної моделі поширення теплових хвиль. КРТК застосовується для підвищення контрастності та достовірності виявлення дефектів. Покращення температурного контрасту досягають за рахунок обчислення відносної похибки між прогнозованими значеннями температурних сигналів та реальними. Результати досліджень показують, що запропонована методика дозволяє покращити контраст між дефектними та бездефектними ділянками та частково компенсувати вплив теплової дифузії. Дана методика не враховує поширення температурних хвиль всередині об'єкту контролю. Окрім того, для її реалізації необхідні знання щодо реальних фізико-технічних параметрів об'єкту, що не завжди є можливим [3].

Для боротьби із шумами на термограмах часто застосовується медіанна фільтрація. У цьому методі для фільтрації центрального пікселя використовується квадратне вікно розміром $2k + 1$, де k змінюється від 1 до N , а N – це кількість пікселів. Пікселі у вікні спочатку сортуються за зростанням, а значення центрального пікселя замінюється на значення середнього елемента відсортованої послідовності. Перевага використання цього методу полягає в тому, що він не потребує додаткових даних про характеристики об'єкту контролю та ґрунтується виключно на наявній піксельній інформації. До

недоліків можна віднести недостатню ефективність у випадку дослідження об'єктів з високими температурами [4].

Отже, в ряді випадків розглянуті методи дозволяють покращити якість термограм за одним із напрямів. Однак, кожен із існуючих методів спрямований на вирішення конкретної проблеми та потребує індивідуальних алгоритмів реалізації. Фактично для різних термограм потрібно підбирати оптимальні методи та їх параметри у кожному випадку контролю, що робить їх неуніверсальними та дуже ускладнює автоматизацію. Але з появою глибинних нейронних мереж стало можливим вирішити дану проблему, оскільки вони є гнучким та універсальним засобом для обробки зображень.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Згорткова нейронна мережа (ЗНМ) - це особлива реалізація нейронної мережі, яка використовується в машинному навчанні в задачах обробки зображень. ЗНМ складаються з прошарків нейронів, пов'язаних синаптичними вагами зі зміщеннями. Проста ЗНМ є послідовністю прошарків, в яких здійснюють перетворення над вхідними даними із використанням активаційних функцій. ЗНМ складаються з комбінації двох основних блоків: згортки та повнозв'язного. Блок згортки складається з прошарків двовимірної згортки та прошарків підвибірки. Цей блок дозволяє здійснити найбільш важливу операцію – виділити діагностичні ознаки із вхідних даних. Повнозв'язний блок складається з прошарків класичної нейронної мережі прямого розповсюдження. Даний блок вирішує завдання класифікації або прогнозування на основі вхідних даних, отриманих із блоку згортки [5].

Щоб використовувати нейронну мережу для реконструкції термограм, її спочатку потрібно навчити. Для навчання можуть використовуватись високоякісні термограми, отримані в лабораторних умовах за допомогою обладнання з високими параметрами. Потім якість отриманих термограм штучно погіршується із використанням алгоритмів стиснення, розмиття, додавання шумів тощо. Таким чином, отримується повноцінний набір навчальних даних - на вхід мережі під час навчання буде подаватись погіршене зображення, а в якості бажаного результату на виході буде демонструватись первинне якісне зображення. ЗНМ самостійно визначатиме, яким саме чином із неякісного зображення отримати якісне. Для підвищення ефективності, навчання потрібно проводити на якомога більшій кількості термограм [6].

Навчену нейронну мережу можна використовувати для обробки нових даних, які не зустрічались під час навчання. В такому випадку, для проведення контролю можна використовувати вже більш доступне обладнання, а також проводити контроль не лише в лабораторних умовах. Оскільки мережа вже навчена усувати вплив небажаних факторів, то вона автоматично буде покращувати якість термограм, отриманих за несприятливих умов.

Очевидною перевагою такого методу є автоматизація процесу обробки термограм, покращення їх якості, і, як наслідок, достовірності контролю. Використання нейронних мереж дозволить за допомогою єдиного універсального алгоритму здійснювати обробку термограм одразу за трьома

напрямами – підвищити роздільну здатність, зменшити вплив теплової дифузії та виконати фільтрацію шумів на зображенні. Водночас, нейронна мережа буде покращувати на термограмах якість тільки тих об'єктів, які вона бачила під час навчання. У випадку зміни об'єкту контролю, результати можуть погіршитися. Тому обсяг навчальних зразків маж бути якомога більшим, інакше використання системи буде обмежене конкретним об'єктом контролю.

ВИСНОВКИ

Запропонований метод реконструкції термограм дозволить одночасно вирішувати три задачі покращення якості термограм. Існуючі роботи за даним напрямом показали, що використання методів глибинного навчання в задачах реконструкції зображень є найбільш перспективним інструментом серед інших методів. Системи аналізу термограм із використанням нейронних мереж можуть бути застосовані для обробки даних пасивного теплового контролю будь-яких об'єктів. Основною складністю на даному етапі є необхідність в об'ємній базі експериментальних даних. Також важливим завданням для подальших досліджень є вибір найбільш оптимальної архітектури нейронної мережі та параметрів її навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Carey W. K. Regularity-preserving image interpolation / W. K. Carey, D. B. Chuang, S. S. Hemami. // IEEE Trans Image Process. – 1999. – №9.
- [2] Anbarjafari G. Satellite image resolution enhancement using complex wavelet transform / G. Anbarjafari, H. Demirel. // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letter. – 2010. – №1. – С. 123–126.
- [3] Bhandari A. K. Enhancement of Low Contrast Satellite Images using Discrete Cosine Transform and Singular Value Decomposition / A. K. Bhandari, A. Demirel, P. K. Kumar. // World Academy of Science. – 2011
- [4] Shrestha S. Signal & Image Processing / Suman Shrestha. // International Journal (SIPIJ). – 2014. – №4.
- [5] Momot A. S. Thermal defectometry of composite materials using artificial neural networks / A. S. Momot. // XVIII Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 15-16 травня 2019 р., м. Київ, Україна: збірник тез доповідей. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 154-155.
- [6] Momot A. Influence of architecture and training dataset parameters on the neural networks efficiency in thermal nondestructive testing / A. Momot, R. Galagan. // Sciences of Europe. – 2019. – №44. – pp. 20–25.

Наук. керівник – ас. Момот А.С.